

УДК .621.833.24

РАЗРАБОТКА ОБЪЕКТИВНОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

*Антонюк В.Е.¹, Скороходов А.С.¹, Александрова В.С.¹,
Драган А.В.²*

- 1) Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь
2) Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

Аннотация. Производство коробок передач с низким уровнем шума имеет в настоящее время большое значение, и будет иметь возрастающее значение и в будущем. Одним из условий снижения шума зубчатых колес является необходимость объективного контроля шума зубчатых передач. Первым этапом оценки шума зубчатых колес является их испытание на контрольно-обкатных станках. Контрольно-обкатные станки также используются в технологическом процессе для подбора оптимальных по шуму зубчатых пар.

Состояние вопроса. Наиболее современными контрольно-обкатными станками с ЧПУ для оценки и спектрального анализа шума зубчатых передач являются станок модели Т 60 фирмы Klingelnberg и станок TURBO TESTER™ 600 НТТ фирмы Gleason (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Контрольно-обкатные станки с ЧПУ

Фирма	Gleason	Klingelnberg
Модель станка	TURBO TESTER™ 600НТТ	Т 60
Контролируемые параметры	кинематическая погрешность, монтажное смещение, спектр шума, пятно касания	кинематическая погрешность, монтажное смещение, спектр шума, пятно касания
Наибольший диаметр испытываемых колес, мм	600	500
Частота (тах) вращения ведущей шестерни, мин ⁻¹	3000	5000
Нагружающий крутящий момент (тах) на ведомой шестерне, Нм	90	95
Межосевой угол, градусов	90	90

Эти станки соединяют в себе возможности контрольно-обкатного станка и измерительной машины и позволяют контролировать как уровень и спектр шума, так и кинематическую погрешность передачи (однопрофильный контроль). При этом они имеют высокие обороты ведущей шестерни (до 5000 мин⁻¹), контролируемый нагружающий момент на ведомой шестерни (до 90 Н·м), низкий уровень собственного шума, а также снабжены различными дополнительными устройствами для нанесения краски или специальной смазки и сканирования пятна касания. Кроме того, эти станки имеют обратную связь и включаются в технологическую систему управления качеством изготовления зубчатых колес для внесения необходимых поправок в соответствующие наладки зубообрабатывающих станков.

Постановка задачи. Для создания таких систем обеспечения требуемого качества зубчатых передач необходимо создание современного отечественного контрольно-обкатного станка с ЧПУ. Наиболее близко к созданию такого станка находится белорусское предприятие «ВИЗАС», имеющее опыт создания высокоточных станков с ЧПУ и приборов для контроля зубчатых колес (см. рисунок). Большой опыт в разработке систем двухпрофильного и виброакустического контроля различных типов зубчатых передач имеют специалисты ОИМ, специалисты БрГТУ – в разработке комплексных систем контроля зубчатых приводов, включая измерения и анализ кинематической погрешности.



Рисунок 1 – Прибор двухпрофильного контроля ВЗ 581

Объединив усилия указанных организаций, можно внедрить на белорусских предприятиях предложенную фирмой Klingelnberg технологию «замкнутых циклов», которая включает проектирование зубчатой передачи, контроль всех этапов изготовления зубчатых колес, оптимизацию режимов обработки и оптимальную стойкость инструмента, гарантированное достижение требуемого качества зубчатой передачи [1].

Предлагаемое решение. Наиболее простым путем снижения уровня шума зубчатых передач предполагается повышение их точности изготовления, что приводит к повышению их чувствительности к погрешностям изготовления корпусных деталей и монтажа в собранном узле. Поэтому повышение точности изготовления зубчатых колес должно сопровождаться соответствующим повы-

шением точности корпусных деталей, подшипников, базирования зубчатых колес, монтажа и т.д. Но одного повышения точности изготовления зубчатой передачи будет недостаточно для эффективного снижения шума. В конкретном узле зубчатая передача работает с определенными отклонениями от теоретического положения зубчатых венцов, которые происходят из-за допустимой погрешности изготовления, деформаций под нагрузкой, температурных деформаций и т.п.

В то же время современные взгляды на кинематические показатели зубчатых передач позволяют рассматривать ее не только как характеристику точности передачи вращения, но и как комплексный источник диагностической информации о качестве изготовления зубчатых колес и их техническом состоянии, пригодный для эффективного использования при изготовлении и эксплуатации зубчатых приводов. Показатели плавности зубчатых передач, получаемые по данным кинематического контроля, тесно связаны с такими динамическими проявлениями в работе зубчатых передач, как удары и вибрации, что позволяет сформировать требования к уровню качества зубчатых колес. Реализованные к настоящему времени в БрГТУ аппаратно-программные средства [2] позволяют с высокой степенью точности производить снятие информации однопрофильного контроля и виброакустических процессов, возникающих при работе даже многовальных зубчатых приводов.

Существенным вкладом в повышение качества зубчатых колес может быть использование двухпрофильного контроля с записью для каждого зубчатого колеса погрешности измерительного межцосевого угла [3]. Анализ записи погрешности при двухпрофильном контроле позволяет выявить ряд характерных погрешностей зубчатого колеса, оказывающих существенное влияние на особенности работы зубчатой передачи – с повышенным шумом, с повышенной вибрацией и т.д. В итоге по характеру записи появляется возможность выявлять зубчатые колеса, которые будут иметь повышенный шум.

Немаловажным вопросом является нормирование уровня шума на основе его статистического анализа при обкатке зубчатых пар до начала эксплуатации, причем на первоначальном этапе нормирование приводится по данным мониторинга ограниченного количества образцов. Далее осуществляется формирование базы данных точности, шума и других параметров выпускаемых зубчатых передач [4]. При этом база данных не является самоцелью, ее основное назначение – обеспечить процесс автоматизированной диагностики качества изготовления и стабильности технологического процесса. Такая функция обеспечивает сканирование собранных в базе данных, идентификацию элементов записей шума, одно- и двухпрофильного контроля с признаками состояния, распознавание состояния объекта, анализ и перечень предполагаемых дефектов.

Заключение. В настоящее время с развитием технических средств измерения, в первую очередь с освоением изготовления средств измерения кинематической погрешности, а также программных средств обработки результатов та-

ких измерений, появилась возможность перейти на новый уровень объективного метода контроля виброакустических характеристик зубчатых передач.

Объективный метод контроля виброакустических характеристик зубчатых передач заключается в том, что производится одновременное измерение и спектральный анализ кинематической погрешности и виброакустических характеристик окончательно собранной зубчатой передачи. Кинематическая погрешность окончательно собранной передачи и ее спектральный анализ позволяют объективно оценить фактическую точность зубчатой передачи. С помощью этого метода возможно выявление большинства погрешностей зубчатой передач – монтажа, изготовления, повреждений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Dutschk R. Сетевое производство конических зубчатых колес / Симпозиум VDW. 10/11 ноября 2004. Москва. – 2004. – 26 с.,
2. Драган, А.В., Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем / А.В. Драган, И.П. Стецко, Д.А. Ромашко, Н.В. Левкович // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2006. - №4. – С. 17-26.
3. Русецкий, В.Н. Возможности повышения качества и снижения шума конических зубчатых передач с круговыми зубьями / В.Н. Русецкий, В.Е. Антонюк. – Вестник Полоцкого государственного университета. - №8. -2009.- С.101-105
4. Ишин, Н.Н. Назначение предельно допустимых уровней вибраций при диагностике зубчатых механизмов / Н.Н.Ишин, А.М.Гоман, А.С.Скороходов, С.А.Гаврилов // Вісник «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Проблеми механічного приводу – Х.: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 40 . – с. 48-54.

УДК 621.91.002

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКОВ ЗВЕНЬЕВ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ МАШИН ПРИ НЕПОЛНОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Медведев О.А., Олехник М.А.

Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке.

Часто проектные расчеты угловых размерных цепей имеют приоритетное значение для обеспечения точности сборки машин, потому что требуемый уровень точности угловых размеров деталей (отклонений от перпендикулярности, параллельности и др.) обычно выше уровня точности линейных размеров и для достижения высокой точности угловых замыкающих размеров при сборке, технически затруднительно использовать методы пригонки и регулирования. Расчеты угловых размерных цепей не находят широкого применения в практике